

DISPLAY DEVICE

Pateht Number: JP7104209
Publication date: 1995-04-21
Inventor(s): YAMAZAKI SHOICHI
Applicant(s): CANON INC
Requested Patent: ☐ JP7104209
Application JP19930249417
Priority Number(s):
IPC Classification: G02B27/02
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To make the device smaller and lighter so as to be easily mounted on a one's head and to obtain a good imaging performance by providing a non-spherical effect for the cross section in the azimuth direction to the member in which the magnification power varies in the azimuth direction.

CONSTITUTION: More than one reflecting members 13, which have a varying power in an azimuth direction, are provided in a reflecting optical system and an original image is formed on a liquid crystal display 12 so that no distortion is caused in the image which is obtained through the reflecting optical system. That is, within the image center luminous flux, that is led to an eye, an angle theta formed by an incident center light beam of the member 13 placed in the front of the eye and its exit light beam is set to more than 10 deg. and less than 80 deg.. Thus, a CRT or a liquid crystal display device 12 which provides an original image is placed closer to the human head and the size of the device is made compact. Since the reflective mirror 13 has a magnification power, an eccentric aberration is generated as theta becomes larger. In order to make the eccentric aberration smaller, a member, which has varying power in the azimuth direction such as a toric surface, is used to make the reflection surface.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-104209

(43)公開日 平成7年(1995)4月21日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 2 B 27/02

識別記号

庁内整理番号

Z 7036-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平5-249417

(22)出願日 平成5年(1993)10月5日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 山崎 章市

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノ

ン株式会社内

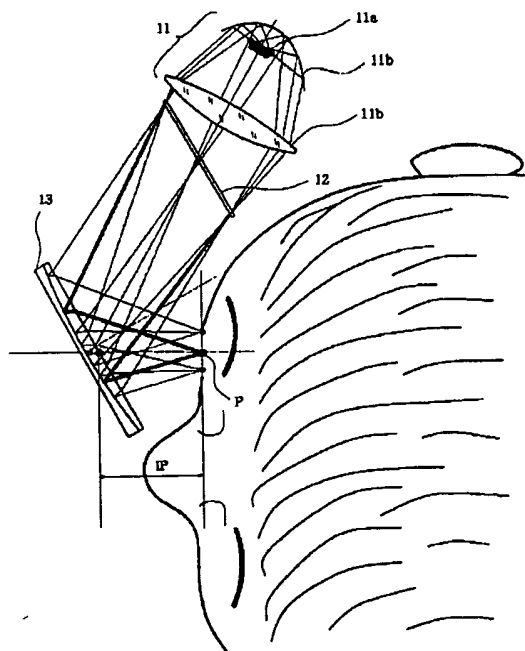
(74)代理人 弁理士 丸島 儀一

(54)【発明の名称】 表示装置

(57)【要約】

【目的】 ゴーグル形式あるいはヘッドギア形式で頭部に装着して、ビデオ映像を観察し得る様にしたヘッドアップディスプレイで、表示装置による画質を良好ならしめるとともに小型、軽量化を図る。

【構成】 オリジナル画像を反射光学を介して眼球に光を導き観察可能とする装置において、反射光学系中にはアジムスの方向によりパワーが異なる部材が1つ以上存在し、この部材は少なくとも1つのアジムス方向のアジムス方向の断面で非球面作用を持つ様にした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 オリジナル画像を反射光学系を介して眼球に導き、観察可能とする装置において、該反射光学系中にはアジムの方向によりパワーが異なる部材が1つ以上存在し、該部材は少なくとも1つ以上のアジムの方向の断面で非球面作用を持つことを特徴とする表示装置。

【請求項2】 前記部材は反射面であって、該部材への入射中心光線とその反射射出光線とのなす角度を θ とした時、 $10^\circ \leq \theta \leq 80^\circ$

を満たすことを特徴とする請求項1の表示装置。

【請求項3】 前記部材は反射面であって、該部材において前記オリジナル画像、該部材そして眼球が同一平面内にあるときのアジムの方向のパワーを $\psi 0$ 、その平面と垂直な平面におけるアジムの方向のパワーを $\psi 90$ としたとき、

$$0.3 < \psi 0 / \psi 90 < 1.2$$

を満たすことを特徴とする請求項1又は2の表示装置。

【請求項4】 前記部材はアジムの方向によって曲率半径を異にすることを特徴とする請求項1乃至3の表示装置。

【請求項5】 前記部材は面頂点を持ち、右眼用反射光学系、左眼用反射光学系で該面頂点を互いに独立に有していることを特徴とする請求項4の表示装置。

【請求項6】 オリジナル画像を反射光学系を介して眼球に導き、観察可能とする装置において、該反射光学系中にはアジムの方向によりパワーが異なる部材を1つ以上設け、且つ該反射光学系を通して得られる像が歪みを生じない様にオリジナル画像を形成することを特徴とする表示装置。

【請求項7】 前記部材は反射面であって、該部材への入射中心光線とその反射射出光線とのなす角度を θ としたとき、 $10^\circ \leq \theta \leq 80^\circ$

を満たすことを特徴とする請求項6の表示装置。

【請求項8】 前記部材は反射面であって、該部材において前記オリジナル画像、該部材そして眼球が同一平面内にあるときのアジムの方向のパワーを $\psi 0$ 、その平面と垂直な平面におけるアジムの方向のパワーを $\psi 90$ としたとき、

$$0.3 < \psi 0 / \psi 90 < 1.2$$

を満たすことを特徴とする請求項6乃至7の表示装置。

【請求項9】 前記部材はアジムの方向によって曲率半径を異にすることを特徴とする請求項6乃至8の表示装置。

【請求項10】 前記部材は面頂点を持ち、該面頂点は右眼用反射光学系、左眼用反射光学系で互いに独立に存在していることを特徴とする請求項9の表示装置。

【請求項11】 オリジナル画像を反射光学系を介して

眼球へ導き、観察可能とする装置において、該反射光学系中にはアジムの方向によりパワーが異なる反射部材が1つ以上存在し、眼球に導かれる光路上で最終光学面からアイポイントまでの距離をIPとしたとき、

$$5\text{mm} \leq \text{IP} \leq 50\text{mm}$$

の条件を満たし、且つ眼球に導かれる像中心光束において、該反射部材への入射中心光線とその反射射出光線のなす角を θ としたとき、

$$10^\circ \leq \theta \leq 80^\circ$$

10 の条件を満たすことを特徴とする表示装置。

【請求項12】 前記反射部材において、前記オリジナル画像、該反射部材そして眼球が同一平面内にあるときのアジムの方向のパワーを $\psi 0$ 、その平面と垂直な平面におけるアジムの方向のパワーを $\psi 90$ としたとき、

$$0.3 < \psi 0 / \psi 90 < 1.2$$

を満たすことを特徴とする請求項11の表示装置。

【請求項13】 前記反射部材はトーリック面であることを特徴とする請求項11乃至12の表示装置。

【請求項14】 前記反射部材は該反射部材上に面頂点を持ち、該面頂点は右眼用反射光学系、左眼用反射光学系において、互いに独立していることを特徴とする請求項11乃至13の表示装置。

【請求項15】 オリジナル画像を反射光学系を介して眼球に導き観察可能とする装置において、該反射光学系中にはアジムの方向によりパワーが異なる反射部材が1つ以上存在し、眼球に導かれる光路上の最終光学面からアイポイントまでの距離をIPとしたとき、

$$5\text{mm} \leq \text{IP} \leq 50\text{mm}$$

の条件を満たし、且つ該反射部材においてオリジナル画像、該反射部材そして眼球が同一平面内にあるときのアジムの方向のパワーを $\psi 0$ 、その平面と垂直な平面におけるアジムの方向のパワーを $\psi 90$ としたとき、

$$0.3 < \psi 0 / \psi 90 < 1.2$$

の条件を満たすことを特徴とする表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ヘッドアップディスプレイ及びヘルメットディスプレイ、めがね型ディスプレイ、バーチャルリアリティディスプレイに適した表示装置に関するもので、特にコンパクトな反射光学系に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来ヘッドアップディスプレイに関しては、多くの米国特許明細書（以下USP）が存在し、航空機用のヘルメットに関するものが多い。まず第1にUSP3940204のようにCRT等の画像をレンズ系を通して1回結像させる1次結像タイプ。第2としては、USP4026641のように画像から光を結像させずに眼球に導き虚像を作る虚像タイプ。またこの特許は、反射光学系の反射鏡のパワーをやや強くし、眼球の

直前に一般的に置かれる、像を拡大する凸レンズを取り除き、さらにCRT画面が人間の頭の方に傾くよう、反射鏡とCRTを設定し、コンパクト化している。第3のタイプとしてはUSP4969724のように、反射光学系をコンパクトにするためにプリズムを利用したプリズムタイプ。またプリズムを利用した1次結像タイプとしてはUSP4859030、プリズムを利用した虚像タイプとしてはUSP4081209等がある。

【0003】処でゴーグル形ディスプレイの様な小型で軽い構造を求めている場合には前述した1次結像タイプは光学性能はよいが、多くのレンズ枚数が必要で大型化してしまう、またプリズムタイプはコンパクトにはなるが重くなってしまう。そこで小型軽量の点では虚像タイプが好ましいが、光学性能はあまりよくはない。この点前述したUSP4026641は、反射光学系の反射面をトーリック面、さらにオリジナル画像面自体をトーリック面として良好な光学性能を得ている。しかしながらCRT等のフラットな画像面を、トーリック面に変換するにはグラスファイバー等により行わなければならない、技術的にむずかしく、コスト的に高い。また実施例では、最終面からアイポイントまでの距離IPが60mm以上あり、コンパクト化を防げる1つの原因になっている。

【0004】尚、本出願では、アイポイントは後述の図2に示すように、像の長辺方向最大像高光束のうち、その中心光束が目の光軸と交わる点をアイポイントと定義している。そして目の光軸上で最終有効面からアイポイントまでの距離をIPとしている。尚、最終有効面は防塵用窓のガラスなどは含まない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、頭部に装着できる程度に小型で軽量化が可能でありながら像性能の良好な表示装置の提供を課題としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】基準面を反射光学系を介して観察者の眼と光学的に関係付け観察などを可能とする装置において、反射光学系中にアジマス (azimuth) の方向によりパワーが異なる部材が1つ以上存在し、この部材は少なくとも1つのアジマス方向の断面で非球面作用を持つ様にした。

【0007】尚、付言すればこの装着は、一般にフラットな基準面としてのオリジナル画像を反射光学系を介して虚像とするもので、その中の反射面はパワーを持ち、眼の直前に像を拡大する正レンズを設けなくても良い。一方、別の観点で言えば、オリジナル画像を反射光学系を介して眼球に導き、観察可能とする装着において、反射光学系中にはアジマスの方向によりパワーが異なる部材を1つ以上設け、且つ反射光学系を通して得られる像が歪みを生じない様にオリジナル画像を形成する。更に以下の構成を考慮することが望ましい。

【0008】即ち眼に導きかれる像中心光束の中で、眼球直前の反射部材の入射中心光線とその射出光線のなす角度 θ を望ましくは 10° 以上 80° 以下に設定することにより、オリジナル画像を提供する陰極線管 (CRT) あるいは液晶ディスプレイ (LCD) を人間の頭の方に近づけコンパクト化するのに有効である。

【0009】 $10^\circ \leq \theta \leq 80^\circ$ (1)

この時、反射鏡はパワーを持っているため、 θ が大きくなれば成る程、偏芯収差 (特に偏芯非点収差、偏芯像面湾曲) が発する。この偏芯収差を小さくするために、反射面をトーリック面のようなアジマス方向によりパワーが異なる部材を使用する。図1はトーリック面の説明図でアジマス角 ω ($0 \leq \omega \leq 180^\circ$) により曲率半径が異なる。

【0010】またコンパクトなゴーグル型ディスプレイの場合、めがねをかけた人でも、前述したIPの距離は50mmあれば十分である。そこでIPを50mm以下に設定すると、コンパクト化できるだけでなく、USP4026641のように反射鏡において軸外光束が中心光束に比べかなり周辺付近で反射されるのに対し、軸外光束がかなり反射鏡の中心付近で反射されるため、前述した偏芯収差の発生を少なくすることができた。

【0011】

$5\text{mm} \leq \text{IP} \leq 50\text{mm}$ (2)

を満足するのが好ましい。

【0012】また反射光学系で発生した偏芯ディストーションを像上でキャンセルするようオリジナル画像を図7の形状に補正しているため、反射光学系では偏芯ディストーションを放置 (free) できる。そのため反射光学系のレンズ枚数を少なくできコンパクト化ができ、かつ平面の画像を拡大投影して虚像を作ってもディストーション及び諸収差が小さいものができた。更に反射鏡に、少なくとも1つ以上のアジマス方向の断面で、非球面作用を持たせたことにより、前述した偏芯収差を少なくすることも可能にした。尚、図8は観察する画面の形状である。図7の形状は、液晶表示器の表示面自体がこの形状を映出する様に各画素を配置して製造するか、あるいはビデオ信号に電氣的処理を施して歪みを与えておく方法などを採用できる。

【0013】以上述べた様に光学系の最終光学面からアイポイントまでの距離IPを短かめに設定し、オリジナル画像からの画像補正にトーリック非球面 (トーリック面を基礎面として非球面化した面) を採用したことにより、グラスファイバーの様な変換素子を使用せず、例えばフラットなオリジナル画像を投影した場合でも良好な性能を得ることができた。

【0014】上述した条件式の極値の意味であるが、条件式 (1) の下限については、 10° よりも小さくなると、IPの値をかなり大きな値にしないとオリジナル画像の部分 (LCD、CRT) が人間の顔にぶつかってし

まい、大型化してしまう。また上限は、この値を越えると、偏芯収差の発生が多きすぎ、これを補正しようとするとはやり大型化してしまう。

【0015】また条件式(2)の下限に付いては、この値以下だと、目を一般的な観察位置(IP20mm)に置いた時、全く像が見えなくなってしまう。上限については前述した通りである。他方、眼球直前の反射部材に関しオリジナル画像、反射部材、眼球が光学上同一平面内に存時のアジス方向のパワーを $\phi 0$ 、その平面と垂直な平面におけるアジス方向のパワーを $\phi 90$ としたとき、

$$0.3 < \phi 0 / \phi 90 < 1.2 \dots\dots (3)$$

の条件を満足するのが望ましい。但し、パワーは焦点距離の逆数である。条件式(3)の下限値の意味は、この値を越えると $\phi 90$ が大きくなり、 $\phi 90$ のアジス方向の光線がアンダーになり、マイナスのディオプターが強くなり過る。逆に上限を越えた時は $\phi 0$ が大きくなり、 $\phi 0$ のアジス方向の光線に偏芯コマ収差の発生が大きくなる。

【0016】更にオリジナル画像と反射部材の間にフィールドレンズを設けることが好ましく画像を小さくするのに役立つ。ことにフィールドレンズの屈折面にトーリック非球面を採用することにより光学性能を向上させるのに有効で、特に非点隔差を小さくすることができる。

【0017】後述の本例は主に、左眼用、右眼用独立した反射光学系としている。USP5006072、USP5000544等は、左眼用、右眼用共通の反射面を*

$$X = \frac{Z^2/r}{1 + \sqrt{1 - (K+1)(Z/r)^2}} + BZ^4 + CZ^6 + DZ^8 \dots\dots (4)$$

γ : $\phi 0$ 、子線方向(断面図)の近軸曲率半径

とする。非球面係数B、Cの一例としては、

$$-1.0 < B < 1.0 \dots\dots (a)$$

$$-1.0 < C < 1.0 \dots\dots (b)$$

即ちB、Cとも0にならない。(a)(b)式の下限を下向くと負レンズとして非球面作用が強すぎ、上限を越えると正レンズの非球面作用が強くなり過ぎる。また面頂点付近の非球面形状に関しては面頂点から離れる程、面頂点でのパワーを更に強める方向の非球面形状とする

ことにより反射光学系で生じる偏芯コマ収差を良好にできる。

【0022】図2はゴーグル型表示装置の右眼用について上方から図式的に描いている。但し、装置を頭に装着する部材は図示を省いているが、これはバンド式、眼鏡のつるあるいはヘッドギア式などが使用できる。左眼用はほぼ対象構成となる。本例では1インチのオリジナル画像を1m先(-1ディオプター)に投影し、29インチ程度の大画面の像(虚像)として見ようとするもので、画角としては焦点距離約50mmのレンズ相当であ

*定義し、像を形成している左右共用型反射光学系がある。共通の反射面ということは、反射面の面頂点が1つしか存在しない。周知の通り、面頂点から離れた部分を光が透過または反射される際は高次収差が大きく発生する。従って面頂点が1つの反射曲面を左眼用光路と右眼用光路が使用する場合、両光路とも面頂点からかなり離れた部分で反射されなければならない、高次収差の発生が大きい。そのため像の画角を小さくする。または大型化する等の欠点が生じ易い。

【0018】そこで本例は、左眼用右眼用独立した反射光学系とし、反射光学系中の部材は左眼用右眼用互いに独立した面頂点を持つ様にしている。こうすることにより面頂点付近の部分が光路として使用され、高次収差を抑えコンパクトで高画角の像が達成できた。また左眼用右眼用の部材を連ね、1つ部材としても、左眼用右眼用独立した面頂点は必ず持つ。さらに単眼用と使用しても同様である。

【0019】

【実施例】まず図1を使って、実施例に関係するトーリック反射面の説明をする。

【0020】符番10はトーリックな凸反射面で、X軸を光軸とし、X-Z平面に子線があつて $\phi 0$ 方向とし、X-Y平面に母線があつて $\phi 90$ 方向とする。また子線を非球面としたとき、子線非球面の定義式は、

【0021】

【外1】

る。

【0023】図2で、11は照明ユニットで、11aの光源、11bの放物面鏡、11bのコンデンサレンズから成る。12はオリジナル画像を提供する液晶表示器で、照明ユニット11で背面から照明される。但し、12が小型陰極線管の場合は照明ユニットは不要である。

【0024】13は、後で詳細を述べる反射部材で、内部にトーリック凸反射面を具える。Pは観察者のアイポイントで、IPは、無限を見ている眼球の光軸上で反射部材の最終面とアイポイントまでの距離である。

【0025】反射部材13の反射面はトーリック非球面を使用しているが、オリジナル画像と反射部材と眼球が同一平面にある時のアジス方向の断面に上述の非球面を持たせるのが良い。その理由はこのアジス方向($\phi 0$ の方向)の方が、この方向と直交するアジス方向($\phi 90$ 方向)より収差、特に偏芯収差の発生が大きいためである。

【0026】以下、数値データを表に記載する実施例に

ついて説明する。

【0027】これらの実施例では偏芯収差を制御するために種々の方法を使用している。尚、図3は表1、図4は表2、図5は表3、図6は表4に対応する。また図3、図4、図6は頬の側方にオリジナル画像が配置されるタイプ、図5は額の前方にオリジナル画像が配置されるタイプである。

【0028】図3において、トーリック反射面またはトーリック反射非球面を具える反射部材13と、表示器12に隣接したトーリックレンズ面またはトーリック非球面を具えたフィールドレンズ14を断面図上(φ0方向)に平行偏芯させている。X13は反射部材13の光軸で、X14はフィールドレンズ14の光軸である。更にフィールドレンズ14とオリジナル像面12をチルト(傾斜)させることにより偏芯収差を小さくできる。尚、反射面はハーフミラー等から成り、反射も透過もなされる。

【0029】図5も平行偏芯させたフィールドレンズ14を設けた例である。反射部材13は外観は平行平板で、眼球の光軸に対して35度傾いており、中間面R5がトーリック反射面もしくはトーリック反射非球面で、2つのガラスでサンドイッチされている。

【0030】図6で(A)は側方から見た形態、(B)は上方から見た形態で、(C)に反射部材の一部を拡大して斜視形態を示しており微細な反射面を夫々3次元的に角度設定して配置したもので、極限でホログラフィックプレートとなる。反射部材13は眼球の光軸に対して垂直に置くことができる。その際、反射部材13を雌型とすると、雄型に当る透明部材を接合して平行平板とす*

表1

曲率半径 (mm) 間隔 (mm) 屈折率 (nd) アッベ数					
R1	∞	5.0			
R2	16804.33	5.0	1.51633	64.15	
R3	140.457	23.88			
(トーリック 非球面) K = 0、B = 2.11374E - 5、C = - 8.33915E - 8					平行偏心 4mm
97.0315 (不図示、断面図に垂直な平面でのアジマス方向) K = 0、B = 0、C = 0					
R4	88.41116	ミラー			平行偏心 3mm
(トーリック 非球面) K = 0、B = 7.36902E - 7、C = - 3.61139E - 10					
68.4073 (不図示、断面図に垂直な平面でのアジマス方向) K = 0、B = 0、C = 0					
IP = 31mm θ = 50° φ 0 / φ 90 = 0.77					
尚、E - iはX10 - iを表す。					

【0036】

【表2】

*れば、透過使用時に透過光による風景が全く歪みを生じないと言うメリットがある。

【0031】上述した図3や図4に示した反射部材13は、眼球側の反射面裏側の透過面を同一のトーリック面またはトーリック非球面形状とすることで、透過光の歪みは大部分改善され、反射光学系の収差も良好で、重量も軽くできる。

【0032】図3、図4、図6は反射部材により水平方向に光線を折り曲げるタイプである。図5は反射部材により垂直方向に光線を折り曲げるタイプである。実施例の反射光学系で作られる像は水平方向が垂直方向よりも長い。即ち左右方向が長辺で上下方向が短辺の長方形の画像となるので、図5の例の様に垂直方向に光線を折り曲げるタイプは、画角の小さな短辺方向に折り曲げるため、長辺方向に折り曲げる水平方向の折り曲げタイプ(図3、図4、図6)に比べて光学系自体を薄くすることができる。

【0033】またφ0方向の方がφ90方向より収差発生が多い傾向がある。図3、図4、図6の水平方向折り曲げタイプはφ0方向が画角の大きい長辺方向の光線であるのに対し、図5の垂直方向折り曲げタイプはφ0方向が画角の小さい短辺方向の光線であるための垂直方向の折り曲げタイプの方が収差発生が少なく良好な性能が得られる。

【0034】尚、本発明はヘッドアップディスプレイの1次結像タイププリズムタイプにも応用できる。

【0035】

【表1】

9

10

表2

	曲率半径	間隔	屈折率 (nd)	アッペ数
R1	∞	32.18		
R2	80		ミラー	

(トーリック面) 68 (不図示、断面図に垂直な平面でのアジマス方向)
 $IP = 36\text{mm}$ $\theta = 50^\circ$ $\phi 0 / \phi 90 = 0.81$

【0037】

* * 【表3】

表3

	曲率半径 (mm)	間隔 (mm)	屈折率 (mm)	アッペ数
R1	∞	0.5		
R2	-150	4.55	1.51633	64.15
R3	200	25.0		

(トーリック非球面) $K = -50$, $B = 1E-6$, $C = 0$
 100 (不図示、断面図に垂直な平面でのアジマス方向)
 $K = 0$, $B = 0$, $C = 0$

平行偏心
15mm

R4	∞	3.3	1.51633	64.15
R5	200		ミラー、1.51633	64.15

(トーリック面)
 110 (不図示、断面図に垂直な平面でのアジマス方向)
 $IP = 16\text{mm}$ $\theta = 70^\circ$ $\phi 0 / \phi 90 = 0.55$

【0038】

※ ※ 【表4】

表4

	曲率半径 (mm)	間隔 (mm)	屈折率 (nd)	アッペ数
R1	∞	32.08		
R2	—			

$IP = 31\text{mm}$ $\theta = 50^\circ$ $\phi 0 / \phi 90 = 0.2$
 * P2はメッシュのように分けられており、上面図の方向の焦点距離 = 42.5mm
 側面図の方向の焦点距離 = 34.0mmのパワーの反射面と等価である。
 反射時、各メッシュの面の3次元角度は収差が小さくなるよう各面の3次元角度を指定する。

【0039】

【発明の効果】以上述べた本発明によれば著しく小型で軽量の装置が実現でき、しかも良好な画質の画像を観察できる効果がある。また装置が小型、軽量になるので頭部等に装着した場合でも圧迫感が減少し、身振りの自由度を損うことがないと言う効果が派生する。

【図面の簡単な説明】

【図1】トーリック反射面を説明するための斜視図。

【図2】本発明の実施例の配置を示す平面図。

【図3】本発明の別実施例を示す平面図。

【図4】本発明の更に別実施例を示す平面図。

【図5】本発明の他の実施例を示す立面図。

【図6】本発明の更に他の実施例を示す平面図。

【図7】オリジナル画像を示す図。

【図8】観察画像を示す図。

【符号の説明】

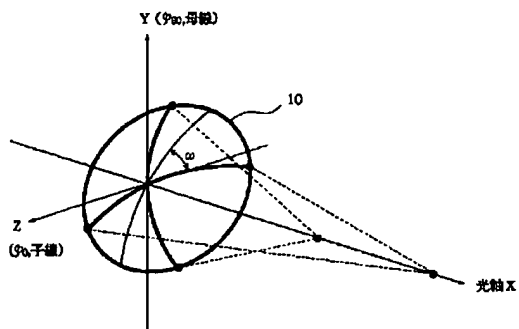
1 2 オリジナル画像の表示器

1 3 反射部材

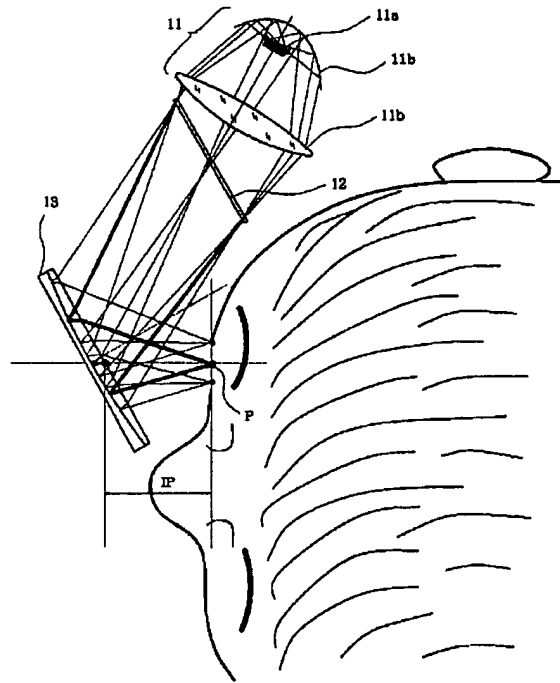
1 4 フィールドレンズ

40 P アイポイント

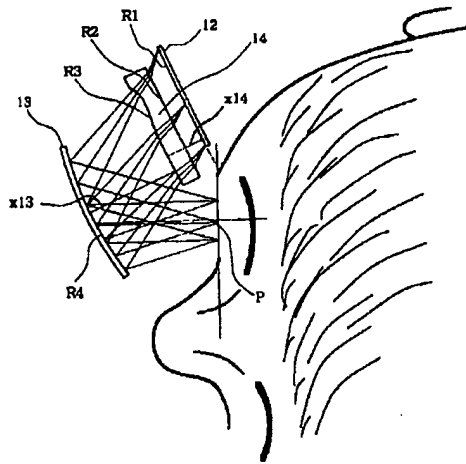
【図1】



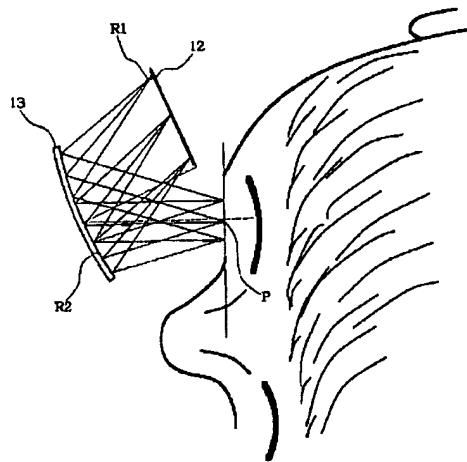
【図2】



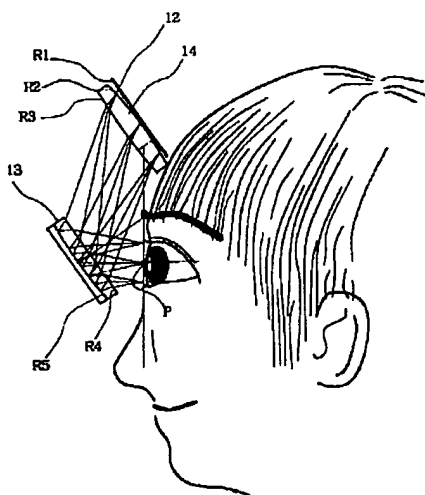
【図3】



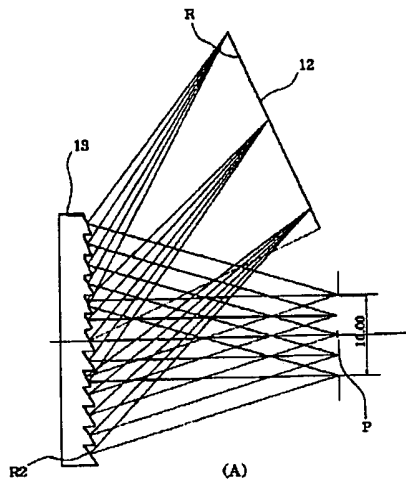
【図4】



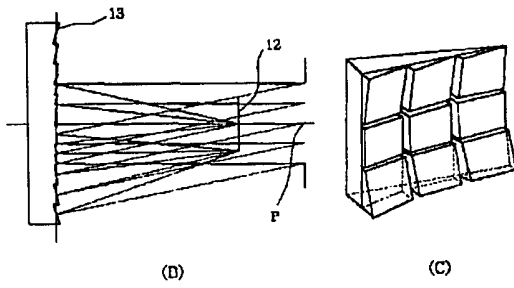
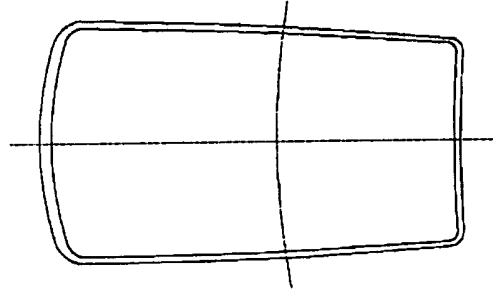
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

